

LA MODÉLISATION 3D DE GRANDS ENSEMBLES MONUMENTAUX DE LA RESTITUTION AU PUBLIC À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1. INTRODUCTION

Ce propos s'appuie sur l'expérience acquise ces dernières années lors d'opérations portant sur deux grands ensembles monumentaux d'Indre-et-Loire: le château de Chinon (DUFAY 2011) (Fig. 1) et le prieuré Saint-Cosme dans la banlieue de Tours (publication en cours) (Fig. 2), appartenant tous deux au Conseil général. Ces sites sont médiévaux, mais les problématiques seraient les mêmes pour d'autres périodes.

Il ne s'agit pas ici de présenter des méthodes expérimentales ni d'entrer dans des considérations techniques pointues. Je me place du point de vue de l'archéologue confronté à ces nouveaux outils, qui essaie de dépasser l'émerveillement vis-à-vis de restitutions toujours plus belles (et plus onéreuses...). Ce point de vue de l'utilisateur non-spécialiste – et aussi du décideur, en tant que responsable d'une structure archéologique – permet peut-être de prendre quelque recul par rapport à des technologies en pleine évolution.

Comme toute technique, la modélisation 3D est un outil, elle doit être adaptée aux objectifs en vue desquels elle est utilisée. Or il me semble que, souvent, ceux-ci sont mal définis: soit ils sont informulés, soit ils sont paradoxaux (pour l'archivage et pour la restitution et pour la recherche et pour le grand public et riches formellement et simples à manipuler, très beaux et pas chers, etc.).

On peut distinguer deux objectifs principaux pour les restitutions 3D: la présentation au public d'états disparus de réalités passées, et l'aide à la compréhension des vestiges lors de l'analyse par les chercheurs. Ces deux domaines ne doivent pas nécessairement s'opposer, mais il convient de bien apprécier la part relative de chacun lorsqu'on décide de mettre en chantier une 3D; et de bien définir ce qu'on attend de la restitution, que ce soit comme instrument pédagogique ou de recherche.

2. LA RESTITUTION AU PUBLIC

C'est l'objectif le plus ancien et le plus évident, celui qui en général permet d'obtenir les budgets, notamment auprès des élus, légitimement soucieux du retour de l'information vers les publics, et gestionnaires de nombreux monuments historiques.

Je voudrais proposer ici trois thèmes de réflexion:

– L'importance de l'échelle de représentation, qui va de la maquette à l'immersion du spectateur dans l'image virtuelle, de la plus petite échelle à l'échelle 1;



Fig. 1 – Vue générale aérienne de la ville de Chinon en 2006, au début des fouilles et des travaux de restauration. La forteresse domine la ville et La Vienne (photo Cyb'Air Vision: <http://www.cybairvision.com/>).



Fig. 2 – Vue générale aérienne de la fouille du prieuré Saint-Cosme à La Riche en cours de fouille, en 2010 (photo Cyb'Air Vision).

- La question de la périodisation, ou comment rendre compréhensible l'évolution des sites;
- L'interactivité du public avec les restitutions.

2.1 De la maquette à l'immersion

Il existe plusieurs types de restitution, qui ne doivent pas être confondus. Ils ont chacun leurs codes de représentation, en fonction de l'échelle choisie et du niveau de réalisme souhaité. Naturellement, la technicité, les coûts et les délais de mise en œuvre ne sont pas les mêmes.

La plus petite échelle est la maquette, qui peut être une maquette "blanche", à l'instar de celles que les architectes destinent à la simple compréhension des volumes d'un projet. Une telle maquette peut être suffisante lorsqu'il s'agit de représenter de grands ensembles, comme des villes ou des complexes monumentaux. Elle est même souvent inévitable, dans la mesure où le niveau de détail des données n'est pas homogène, certaines parties étant mieux connues que d'autres. Elle permet en effet de lisser le niveau d'information et de produire une représentation homogène.

C'est le parti qui a été choisi pour le château de Chinon (Fig. 3). Suite à une dizaine d'années de fouilles et de recherches, il s'est agi en 2010 de restituer au public, dans une nouvelle muséographie, le résultat de ce travail. Sur un site de 3,5 ha, et même si la fouille en a concerné 25%, ce qui est considérable en milieu castral, tous les secteurs ne sont pas également documentés. Plutôt que de présenter des zooms, des niveaux d'hypothèses ou des "blancs", toujours difficiles à comprendre, on a préféré une vue d'ensemble, par le biais de maquettes informatiques 3D sur une borne interactive.

D'autre part, la restitution peut être plus ou moins détaillée: représentation des ouvertures, des modénatures, des sculptures. Ce choix ne se réduit pas à la présence ou à l'absence, mais concerne aussi le niveau de réalisme des éléments. Elle peut être aussi plus ou moins texturée et éclairée, avec là encore des niveaux de réalisme variables.

Ce type de restitution est en cours de mise en œuvre au prieuré Saint-Cosme (Fig. 4). Sa fouille quasi-exhaustive a été réalisée en 2009-2010. Elle était destinée à redonner aux visiteurs la perception des lieux en tant que monastère médiéval, et non seulement comme demeure du poète Pierre de Ronsard (qui y est mort en 1585 et est enterré dans l'église).

Le projet de restitution a été proposé dès le début de la fouille, car le site se prête parfaitement à ce type d'entreprise:

- C'est un ensemble partiellement conservé en élévation, mais dont il manque d'importants éléments. Ainsi, que ce soit pour l'archéologue ou le visiteur, la relation entre l'existant et le virtuel est facilitée.

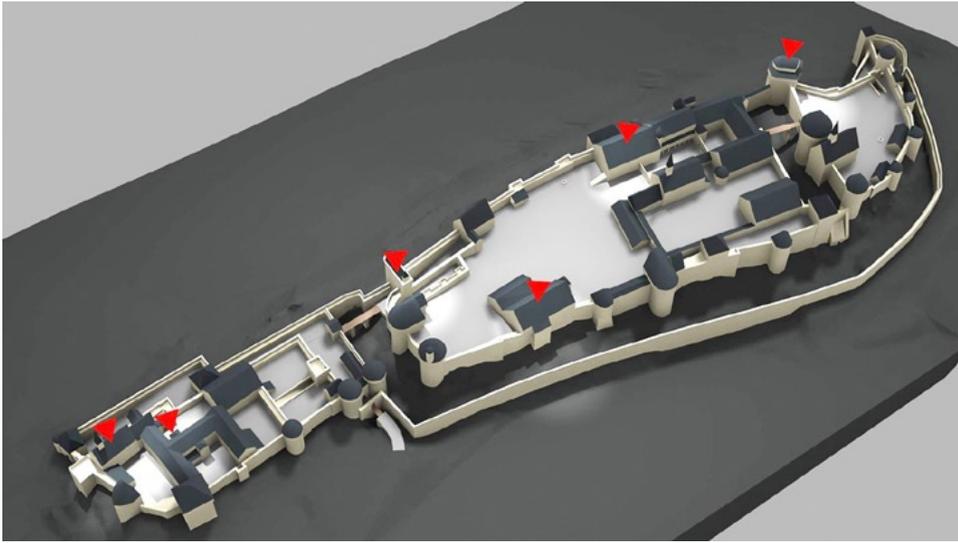


Fig. 3 – Maquette 3D de la forteresse de Chinon au XV^e siècle, présentée dans une borne interactive. Cette maquette est manipulable: le public peut la faire tourner et zoomer. En cliquant sur les triangles rouges, il accède à des fiches de commentaires avec des photographies. Il y a quatre maquettes de cette nature, pour quatre époques différentes. Modélisation avec le logiciel 3ds Max: M. Brard, MZone Studio, infographie pour la borne: MGDesign (<http://www.mgdesign.fr/index.php?l=fr&c=31>).



Fig. 4 – Deux aspects de la restitution 3D du prieuré Saint-Cosme de La Riche au XIV^e siècle. Modélisation avec le logiciel 3Ds Max: P. Mora, Université de Bordeaux 3 Michel de Montaigne, UMR Ausonius/CNRS Archéovision-Archéotransfert (<http://archeotransfert.cnrs.fr/>).

– C’est un lieu touristique justifiant d’un effort de restitution au public. Il faut noter toutefois que le volet “valorisation” a été disjoint, car on a préféré attendre la réalisation du modèle pour définir son usage grand public et les produits de sortie. Il a donc été admis qu’il s’agissait d’abord d’un outil de travail pour les archéologues, qui leur permette de tester leurs hypothèses. L’avantage de cette démarche est de pouvoir s’appuyer sur un modèle abouti pour réfléchir à son usage pédagogique. L’inconvénient est qu’il faudra relancer la machine à décisions et trouver de nouveaux budgets.

Quant au niveau de détail, on a choisi de restituer toutes les ouvertures, les modénatures principales, mais sans réalisme pour les chapiteaux (qui sont tous des clones de quelques enveloppes générales), ni sculpture figurative. La texture fine et les lumières élaborées sont renvoyées à la phase ultérieure d’exploitation du produit.

À l’autre extrémité de la chaîne des échelles de restitution, nous pouvons aller jusqu’à l’immersion dans la réalité virtuelle. Je n’ai pas d’expérience dans ce domaine précis, d’ailleurs prometteur. Le plus loin que nous sommes allés est la réalité augmentée, au château de Chinon. Trois tableaux ont été réalisés (Fig. 5). Ils ne sont pas aussi aboutis que ceux de Cluny par exemple, et ils sont fixes. En revanche, signalons cette particularité qu’ils sont “habités” par des personnages mobiles réels incrustés dans l’image de synthèse, comme des scènes cinématographiques, destinées à évoquer l’échelle des lieux et la vie qui pouvait s’y dérouler.

2.2 La question de la périodisation

Il n’est pas si fréquent de réaliser des projets de restitution 3D qui prennent en compte la dimension du temps, en présentant l’évolution spatiale du site.

Pour Saint-Cosme, il a été décidé de faire une restitution à trois moments-clé de l’histoire du prieuré: à la fin du XII^e siècle (l’apogée de l’état roman), au milieu du XIV^e siècle (l’apogée tout court), et à la fin du XVI^e siècle (l’état qu’a pu connaître Ronsard).

Pour Chinon, quatre moments-clés ont été choisis, du XI^e au XV^e siècle. Les quatre maquettes sont présentées sur une borne interactive, mais accessibles séparément, sans qu’il y ait de possibilité de visualiser l’évolution. L’avancement ultérieur de l’étude archéologique a montré qu’il aurait fallu en faire sept ou huit. Le discours historique s’en trouve parfois un peu compliqué à suivre, pour comprendre l’évolution de la logique spatiale de l’ensemble. On a donc essayé un autre mode de visualisation, avec des couleurs (Fig. 6). Ce qui est ajouté à chaque phase est représenté par une couleur nouvelle, on voit que sur certaines phases il a fallu mettre deux ou trois couleurs (ceci ne figure pas dans la muséographie et a été préparé en vue de la publication).



Fig. 5 – Deux des trois tableaux de réalité augmentée réalisés pour la muséographie de la forteresse de Chinon: vues des logis royaux au XV^e siècle. En haut, l'existant, en bas, la restitution. Modélisation 3D: S. Koltou pour Drôle de Trame (<http://www.droledetrame.com/exposition/forteresse-royale-de-chinon>).

2.3 L'interactivité

L'interactivité peut être de trois types:

- La manipulation du modèle (le “faire tourner”);
- Le parcours dans le modèle (immersion à plus ou moins grande échelle);
- La consultation d'une base de données associée qui renseigne certains éléments du modèle.

L'interactivité du public avec les modèles de Saint-Cosme n'est pas encore définie, elle le sera dans la phase “valorisation”. Il a seulement été décidé de ne rendre parcourable que l'intérieur que l'église, considérée comme le noyau du monastère, ceci aux trois époques définies. Il faut dire que les deux autres plus importants bâtiments, le réfectoire des moines et le logis du prieur, sont toujours debout et sont donc parcourables “en vrai”.

Pour Chinon, l'interactivité consiste à pouvoir manipuler le modèle (le “faire tourner” et zoomer, mais pas le parcourir). On peut aussi consulter une base de données associée qui, lorsqu'on clique sur de petits triangles rouges, fournit des fiches illustrées sur les éléments architecturaux concernés (Fig. 3).

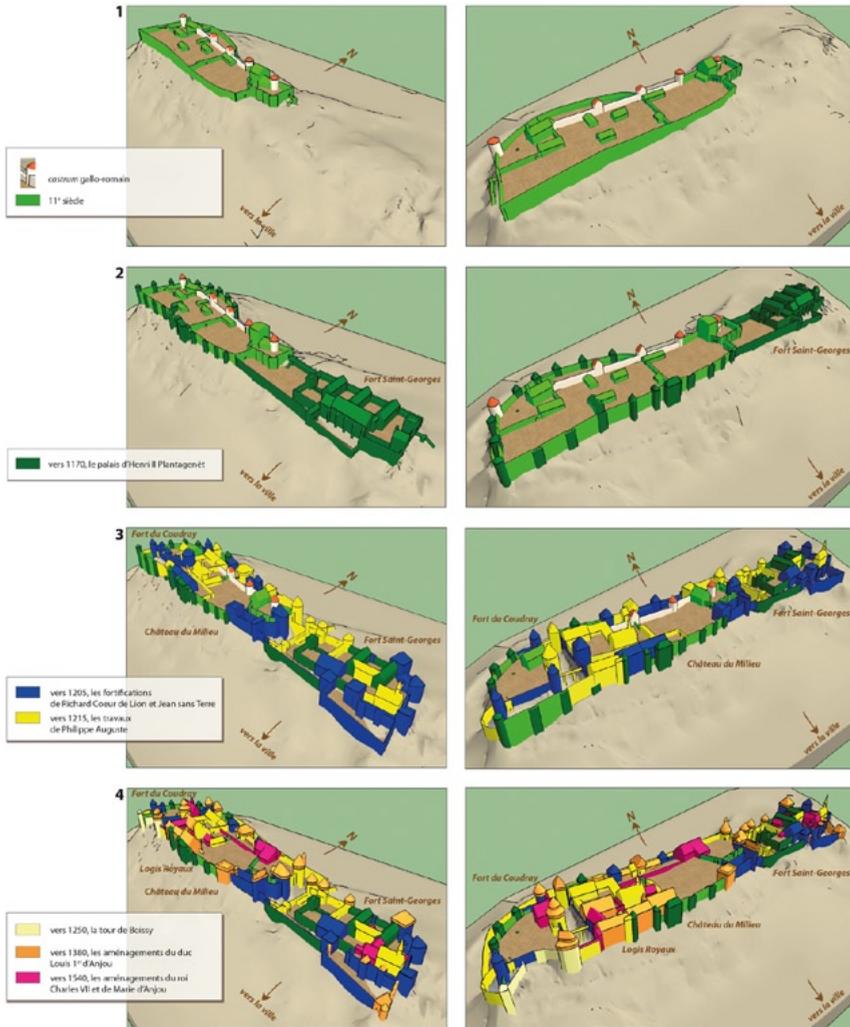


Fig. 6 – La 3D aide à comprendre l'évolution de sites complexes comme la forteresse de Chinon (infographie: B. Dufaÿ, avec le logiciel Sketchup, à partir des modèles de M. Brard).

3. LE RÔLE DE LA 3D DANS LA RECHERCHE ARCHÉOLOGIQUE

Si le rôle de la 3D dans la panoplie des outils de valorisation n'est plus contesté, il n'en va pas de même de son rôle dans la recherche archéologique. Trop souvent encore, les restitutions sont réalisées après l'étude d'un site, et

pensées seulement en termes d'illustrations perfectionnées, pour une publication ou une muséographie. Il ne s'agit que de "belles images", entachées des péchés de réalisme et de séduction. Elles iraient à l'encontre des exigences de la recherche, discours mouvant appuyé sur des preuves ingrates et des raisonnements complexes.

Or la 3D permet d'améliorer notre vision et notre compréhension de la réalité disparue: elle a une valeur heuristique. Mais il faut aussi poser la question du rapport entre le réel et le modèle, car les limites entre les deux peuvent se brouiller. La 3D risque de faire disparaître le réel derrière le virtuel (le mythe du site dans son ordinateur). À l'inverse, le réel risque d'envahir le virtuel (modéliser c'est simplifier pour comprendre).

3.1 *La valeur heuristique des restitutions*

La réalisation d'un modèle 3D oblige l'archéologue à penser en 3D. Cet apparent truisme a énormément d'implications.

En effet, dans la majorité des cas, l'archéologue raisonne sur des vestiges qui sont quasiment en deux dimensions, tant leur élévation est faible. C'est particulièrement vrai dans l'archéologie préventive à dominante rurale, où les sites sont arasés, mais aussi en milieu urbain où les niveaux anciens sont très lacunaires.

Or, pour comprendre réellement les structures auxquelles nous avons affaire, il faut en restituer les élévations. Cela permet de résoudre des problèmes de chronologie relative, car des vestiges qui ne se recoupent pas de façon évidente à la fouille peuvent s'avérer incompatibles en élévation. Surtout bien sûr, cela aide à caractériser les structures, à établir leur typologie, leur mode de fonctionnement et leur usage.

On voit bien, par exemple, les progrès faits sur l'architecture en terre et en bois grâce à la 3D, avec des restitutions de plus en plus fouillées de bâtiments dont il ne nous reste que des trous de poteau. C'est vrai aussi des structures techniques, comme les fours, dont on gagnerait sans doute à modéliser davantage le fonctionnement, que ce soit pour la poterie ou la métallurgie.

Mais c'est vrai même des structures bâties relativement bien conservées, car les restitutions 3D, cohérentes pour une phase, permettent une vision "nettoyée" d'ensembles en général hétérogènes.

La 3D oblige à porter attention aux circulations, notamment aux circulations verticales dans les bâtiments, souvent oubliées. Trop souvent, les archéologues restituent les vestiges comme autant de structures indépendantes, sans se poser la question de leurs interrelations, de leurs accès réciproques et des voies de circulation qui peuvent les desservir, ou les éviter.

J'en veux pour exemple le travail que nous avons mené sur le château de Chinon, grand ensemble ayant évolué sur deux millénaires, avec une logique qui peut s'apparenter à celle d'une ville. La 3D a obligé à réfléchir sur les



Fig. 7 – Un exemple d’analyse des circulations facilité par l’emploi de la 3D: l’accès à la forteresse de Chinon par l’est au début du XIII^e siècle (infographie: B. Dufaÿ, avec le logiciel Sketchup, à partir d’un modèle de M. Brard).

rappports entre les différents bâtiments, et sur la manière de pénétrer dans le château, selon que l’on soit piéton, cavalier ou charretier (Fig. 7). Le résultat de cette réflexion a été la décision que, dans les maquettes, les seuls détails ont été les portes, afin de faire comprendre au public les modes de circulation.

La 3D aussi a entraîné l’obligation d’homogénéiser le niveau d’information, que ce soit en restituant des parties manquantes, ou au contraire en simplifiant des éléments encore en élévation. Le résultat de ce lissage a été très positif, puisqu’il a permis une “vue d’ensemble”, et ce pour chaque époque.

Je voudrais insister sur la dimension heuristique de cette “vue d’ensemble” qui, à première vue, peut paraître une sorte de pis-aller en l’absence d’informations détaillées. Ce concept a été proposé par Pierre Bayard (BAYARD 2012), à propos des lieux qui sont évoqués dans les textes littéraires. Il peut être utilement transposé à notre perception des lieux archéologiques, sur lesquels notre métier est d’écrire.

La «vue d’ensemble» est la «vision synthétique d’un être ou d’un objet, qui ne s’arrête pas au détail, mais tente d’en saisir, au-delà des apparences, l’essence profonde» (BAYARD 2012, 158). Elle est le résultat d’une opération de sélection du point de vue, qui permet d’éviter de se perdre dans l’anecdoti-

que, «de privilégier à l’aveuglette tel ou tel point secondaire du lieu traversé, rencontré de manière aléatoire» (*ibid.*, 38).

On ne saurait mieux décrire le danger qui nous guette à cause de nos modes d’approche parcellarisés du terrain, dont l’ouverture est conditionnée si souvent par les hasards de l’aménagement du territoire, avec des fouilles faites dans des délais contraints. Mais cette sorte d’échantillonnage, comme «la circulation rapide dans un lieu, [permet] d’en apercevoir la diversité», ce qui «est un moyen d’éviter les généralisations trop rapides en donnant à penser sa complexité, et ce qui, en elle, échappe à la synthèse». Alors, «la rapidité est le gage de l’ampleur de la vision» (*ibid.*, 40), leçon que nous serions parfois avisés de retenir lorsque, le nez sur nos trous de poteau ou nos stratigraphies, nous privilégions le détail au détriment de l’ensemble.

Enfin, la «vue d’ensemble» implique le choix d’un scénario privilégié (et la 3D oblige particulièrement à ce choix, puisqu’il n’y a pas d’image conditionnelle, comme on écrit une phrase au conditionnel, sauf à embrouiller la perception à un point tel qu’il vaut mieux ne pas faire de restitution). La «vue d’ensemble» est un «guide», un «itinéraire», qui protège du «risque de s’égarer dans le foisonnement des possibles, sans se donner les moyens d’une synthèse» (*ibid.*, 40). Elle est même le moyen d’éviter «les lieux communs», «le jugement collectif» (pour nous, les comparaisons typologiques mal maîtrisées, les arguments d’autorité), si le point de vue est assez élevé pour ne pas «suivre un parcours préétabli par l’avis général de [nos] prédécesseurs, parcours dans lequel [nous risquons], en s’absorbant dans la communauté des opinions, tout autant qu’en s’égarant dans l’infini des détails, de manquer le lieu» (*ibid.*, 39).

Pour servir de guide, cette vue d’ensemble doit reposer sur une conception systémique des lieux, qui amène à «percevoir ses lignes de force organisatrices» (*ibid.*, 40). On doit faire le pari d’une logique du site, même si celle-ci est complexe et résulte d’une combinaison d’actions humaines rationnelles, de contraintes et de jeux d’acteurs, de phénomènes de résilience et d’héritage. Ce postulat, seul, permet de comprendre des organisations humaines, que ce soit un habitat, une forteresse de la taille de celle de Chinon, une ville ou un réseau. Ainsi, le travail sur les maquettes a permis de proposer un modèle d’évolution en 2D, qui est le résultat du travail avec la 3D, et non l’inverse (DUFAY 2012) (Fig. 8).

3.2 Le rapport entre le réel et le modèle

Les réflexions précédentes ont montré la nécessité de penser le rapport entre le modèle et ses utilisateurs, chercheurs ou “grand public”. Il convient aussi de penser le rapport entre le modèle et la réalité qu’il représente.

Le sens du mot “modèle”, tel qu’il est employé à propos de la 3D, n’est pas tout-à-fait celui utilisé en science: il ne s’agit pas d’un modèle explicatif, même si l’on a vu que sa construction avait une valeur heuristique. Il s’agit

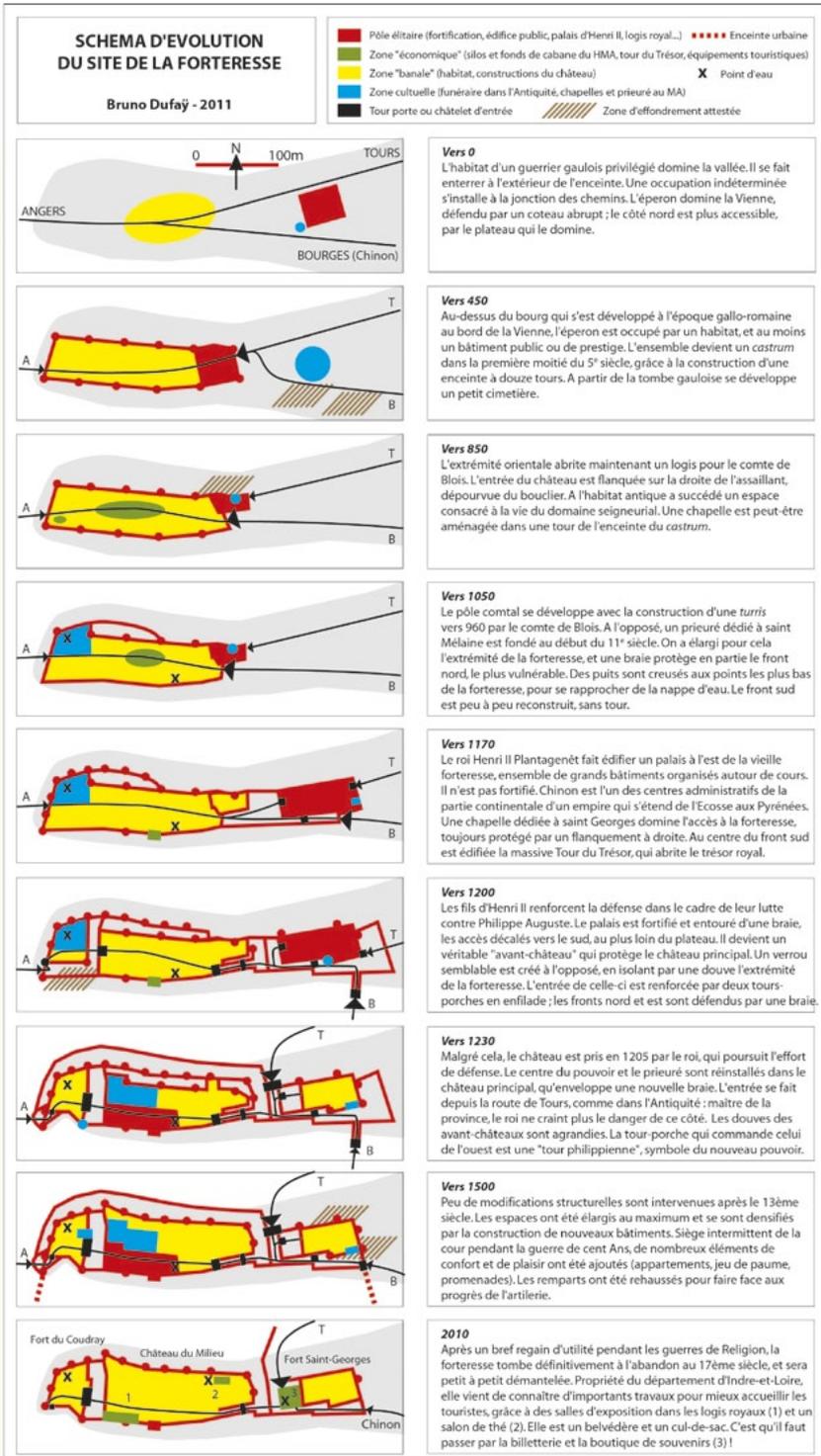


Fig. 8 – Modélisation de l'évolution du site de la forteresse de Chinon (conception et DAO B. Dufaj).

bel et bien d'une représentation de la réalité, telle qu'on la restitue à partir des traces que cette réalité a laissés. Le terme restitution me paraît mieux convenir, le terme "modèle" ayant une prétention scientifique à mon sens un peu usurpée.

Toutefois, comme pour le modèle au sens scientifique du terme, la question se pose de son rapport avec la réalité. Comme pour le modèle scientifique, ce rapport est variable et il est construit. Mais, contrairement au modèle scientifique, il ne détermine pas sa valeur explicative. Un plus ou moins grand niveau de détail ou de justesse impacte seulement sa valeur descriptive.

Je pense qu'il faut avoir présentes ces nuances à l'esprit, car il me semble que l'on court le risque de confondre modèle perfectionné et bonne science, comme on a pu confondre enregistrement de terrain hyper-détaillé et compréhension dudit terrain. En réalité, c'est plutôt l'inverse, l'enregistrement ou le modèle trop détaillé noyant la structure sous l'anecdote.

C'est le danger qui nous guette dans nos tentatives d'un enregistrement totalement exhaustif par le biais de techniques d'acquisition numériques, comme lorsque nous appelons "cartes" des images qui ne sont que des photographies verticales habillées de quelques traits et de trois toponymes. Il faut redire que le scan 3D n'est pas une méthode de compréhension. C'est une méthode de délocalisation de l'analyse, avec une perte de données, car il ne remplace pas le contact direct avec le monument, tactile et visuel.

Cette problématique du relevé numérique est très importante, à cause de l'évolution rapide des technologies et de leur accessibilité. Je pense que ces pratiques doivent être assorties d'une importante réflexion avant de les mettre en œuvre. C'est la conséquence évidemment de ce qui vient d'être dit concernant les rapports de l'image numérique avec la réalité, qui entraîne une illusion de transportabilité du réel. Si cela semble évident pour le relevé de cavités, grottes et galeries aux géométries aléatoires et dont la "peau" est le sujet même de l'étude, je ne suis pas sûr que, pour des bâtiments, le jeu en vaille toujours la chandelle.

Il existe une autre illusion, qui est celle de la pérennité de ces données (difficultés du transcodage pour suivre l'évolution des standards et des lecteurs, du stockage physique des données, etc.). Des solutions vont sans doute émerger, mais force est de constater que, pour l'instant, le problème n'est pas vraiment résolu.

De ce point de vue, la modélisation tridimensionnelle par corrélation d'images photographiques me paraît très prometteuse, car elle se fait à partir d'images en 2D, dont la mise en 3D se fait à la demande, ce qui permet de rester en phase avec les évolutions logicielles. Evidemment, le stockage des photographies numériques pose aussi des problèmes, mais me semble-t-il mieux maîtrisés (et on peut même utiliser des images non numériques).

J'ai testé ces deux approches. Pascal Mora (ArchéoTransfert) l'a utilisée avec succès pour les élévations du prieuré Saint-Cosme, ce qui a évité la mise en œuvre d'un scan 3D.

Quant au scan 3D, nous l'avons mis en œuvre à Chinon en 2005-2009, avec Bertrand Chazaly (société ATM3D). Il a ainsi scanné environ 300 mètres de remparts (Fig. 9), et un certain nombre de bâtiments. Ces opérations devaient avoir tous les avantages qui ont été signalés dans ce colloque. Mais, force est de constater qu'il n'en a rien été: impossibilité de lire des fichiers trop lourds par nos machines standards, logiciels inadéquats, temps de manipulation très long pour sortir deux coupes bien plus vite réalisées à la main, bref, l'aspect 3D ne nous a pas servi.

Seules, les orthophotographies qui accompagnaient l'opération ont pu être texturées et recalées avec une grande précision géométrique. Elles ont facilité l'étude du bâti. Elles ont aussi été utilisées par les entreprises de restauration des maçonneries, en complément de leur calepinage qui, ainsi, a pu être plus sommaire.

En conclusion, je voudrais aborder deux points plus particuliers. D'abord, celui du rapport géométrique entre le réel et le modèle. Celui-ci simplifie forcément, à un niveau qui doit être réfléchi avant d'entreprendre sa construction. Aucun bâtiment ancien, et encore moins aucun paysage, n'est composé de volumes simples. Nous devons les décomposer en de telles unités artificielles.

À Chinon, la question ne s'est pas trop posée, car en partant d'emblée sur des maquettes, notre niveau de simplification était grand. Mais nous aurions gagné du temps à faire encore plus simple. Nos bâtiments et nos tours respectent le plus souvent les plans réels. Le résultat est qu'il n'a pas été possible de construire des parallélépipèdes ou des cylindres réguliers, avec toutes les complications que cela entraîne pour les toitures, notamment, sans compter la multiplication du nombre d'arêtes, et donc la lourdeur du fichier.

À Saint-Cosme, restitution plus détaillée, nous n'avons pas trop été gênés tant que nous sommes restés dans les états romans, de géométrie simple et construits assez régulièrement. En revanche, la tâche s'est révélée plus ardue lorsqu'il a fallu modéliser l'église gothique, avec les nervures de voûtes absolument irrégulières. Nous aurions gagné du temps si nous avions régularisé le plan de l'église.

Dans la mesure où aucune problématique ne reposait sur cette régularité ou non, je pense que cela aurait été pertinent. De toute façon, les ruses qui ont dû être employées pour faire tenir l'ensemble ne permettent pas d'envisager l'étude scientifique d'une telle voûte à partir de la 3D (et cela aurait été un tout autre programme).

Le deuxième point, c'est qu'il faut dire que nos restitutions de bâtiments sont souvent "volantes", elles ne reposent pas sur des sols modélisés correcte-

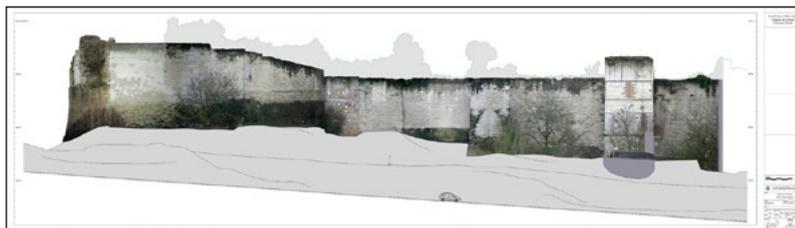


Fig. 9 – Orthophotographie d'une partie du rempart Nord de la forteresse de Chinon en 2008 (B. Chazaly, ATM3D).

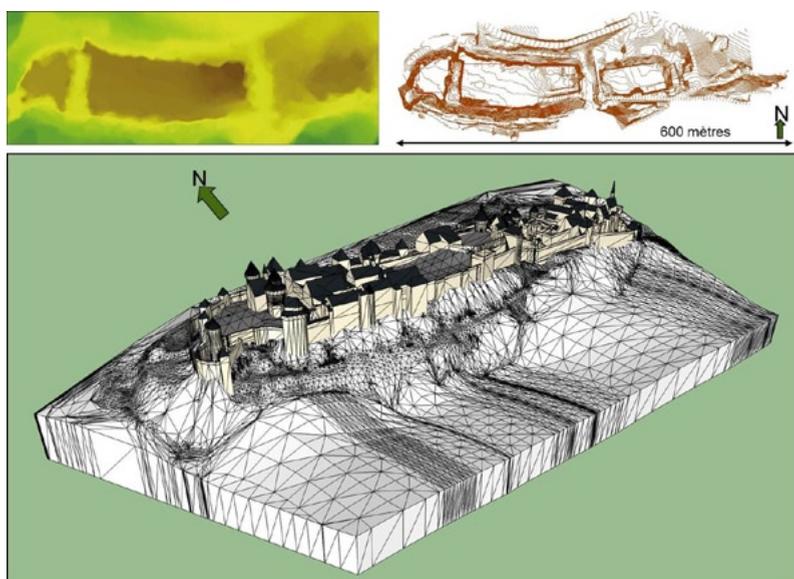


Fig. 10 – Modèle numérique de l'éperon rocheux qui constitue le site de la forteresse de Chinon (levé topographique: F. Marteaux et Y. Couturier, SADIL; réalisation du MNT avec le logiciel ArcGIS: F. Marteaux, SADIL; infographie du modèle 3D: B. Dufaj, avec le logiciel Sketchup, à partir d'un modèle de M. Brard qui a repris le MNT d'ArcGIS sous 3ds Max).

ment. Le sol est soit carrément absent, soit arbitrairement plat ou très simplifié. De mes discussions avec divers collègues, j'ai constaté que cette insertion des modèles dans le sol qui les supportait était rarement envisagée.

Or la logique spatiale d'un ensemble comme un prieuré ou un château dépend étroitement du relief. L'attention portée aux pentes, aux marches et escaliers, aux murs terrasses, etc., est fondamentale pour leur compréhension. Il convient donc de modéliser les sols, et dans les cas les plus complexes, de

réaliser un véritable “modèle numérique de terrain”, comme nous l’avons fait à Chinon sur toute l’étendue de l’éperon rocheux (Fig. 10).

De plus, ce sol varie avec le temps, et si l’on fait des modèles périodisés, le sol doit l’être aussi. À Saint-Cosme, l’exhaussement du monastère pour échapper aux crues de la Loire au XV^e siècle a dû ainsi être pris en compte; à Chinon, c’est l’effondrement des coteaux ou le creusement de douves.

4. CONCLUSION

Ce tour d’horizon montre la richesse de l’utilisation des restitutions 3D, non seulement pour la présentation au public ou la publication de nos études, mais aussi dans la démarche même de la recherche archéologique.

Je fais le pari que, de même qu’en dix ou quinze ans l’emploi des SIG est devenu incontournable, il en sera de même dans dix ans pour la 3D, jusque sur les chantiers de fouille.

Il faut donc que les archéologues s’approprient cet outil, sans tomber dans ses pièges. Il faut aussi que les développeurs et les modélisateurs mettent au point des outils logiciels plus simples et accessibles. Ils doivent créer des passerelles pour que nous puissions, au quotidien, utiliser ces outils.

BRUNO DUFAÏ

Conservateur du Patrimoine
Conseil général d’Indre-et-Loire, Service de l’Archéologie
UMR 7324 CITERES/LAT
Université François-Rabelais de Tours-CNRS

BIBLIOGRAPHIE

- BAYARD P. 2012, *Comment parler des lieux où l’on n’a pas été?*, Paris, Editions de Minuit.
DUFAÏ B. 2011, *Une forteresse auscultée, bilan de sept années de fouilles*, in F. DE FOUCAUD (ed.), *Chinon, le destin d’une forteresse*, Chinon: les Amis du Vieux Chinon, BAVC hors-série, 84-103.
DUFAÏ B. 2012, *L’évolution des châteaux, à la recherche des logiques spatiales*, in G. BISCHOFF, J.-J. SCHWIEN (eds.), *Les châteaux-forts en France*, «Les Dossiers d’Archéologie», 349, 74-81.

ABSTRACT

This paper proposes an experimental feedback on the use of various forms of 3D restorations of monumental complexes. We refer in particular to a castle (Chinon) and a monastery (Saint-Cosme in La Riche, near Tours), two historic monuments that are the property of the General Council of Indre-et-Loire. 3D restorations are generally intended for the general public, but their interest also involves archaeological research, by allowing scholars to test hypotheses and visualize buildings in their original aspect. They also impose a synthetic vision of monumental large sets that are unevenly documented, and allow a better comprehension of their general organization and evolution. Whatever their objective is, they can have several levels of detail and can be associated with databases which supply further information. According to budget, extension, archaeological knowledge of the monuments to be modelled and the desired educational aim, solutions are diverse and can go from the simple model to the dumping in the virtual image, via various levels of detail. By foreseeing all the operational questions before launching a project of 3D restoration, it is possible to reach the intended goals at the lowest cost.